

УДК 536(072)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА ПРИ ПОЖАРЕ

Котов Г.В., к.х.н., доцент, Гороховик М.В.,
Врублевский А.В., к.х.н., доцент

Разрабатывается методическая система изучения процессов горения, динамики развития пожара и закономерностей тепло- и массопереноса, применимая к ряду дисциплин, изучаемых на кафедре тактики проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров Командно-инженерного института Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

На кафедре тактики проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров в настоящее время осуществляется разработка методической системы изучения процессов горения и тепло- и массопереноса, применение которой направлено на формирование научных представлений о причинах возникновения, закономерностях развития и прогнозировании пожаров.

Интенсивный характер современного учебного процесса требует рассмотрения широкого круга вопросов и проблем, относящихся к различным отраслям знаний. Решение поставленных задач в рамках одной дисциплины становится невозможным без осуществления связи с другими курсами, установления последовательности и сохранения преемственности знаний. Это может быть достигнуто только при условии комплексного подхода к планированию учебных программ, направленного на обеспечение поступательного развития единой системы взглядов и подходов к исследованию наиболее важных аспектов изучаемых предметов.

Для систематизации изучения отдельных вопросов, связанных с особенностями протекания процессов горения, динамики распространения пожара, процессов тепло- и массопереноса применяется методическая модель, позволяющая рассматривать закономерности практически любых процессов, протекающих при пожаре.

Разрабатываемая модель включает в себя в качестве объекта исследования отдельно стоящее здание в трех уровнях, общая схема которого представлена на рисунке. Помещение I – производственное или складское, снабжено въездными воротами, а также оконными и дверным проемами в смежное помещение. В качестве пожарной нагрузки могут выступать емкость или разлив легко воспламеняющейся или горючей жидкости с известной площадью пожара, либо штабель твердого горючего материала (S). По-

мещение II – административного или производственно-бытового назначения, состоящее из 3 частей, связанных дверными проемами. Роль пожарной нагрузки выполняют горючие материалы мебели, половых и стеновых покрытий. Помещение III – гаражное или складское, имеет отдельные въездные ворота и не участвует в общем газообмене. IV – расположенные на некотором удалении от здания сгораемые конструкции. Уровень **a** представляет собой подвальное или полуподвальное помещение. Уровень **b** включает помещения первого этажа, **c** – второй этаж.

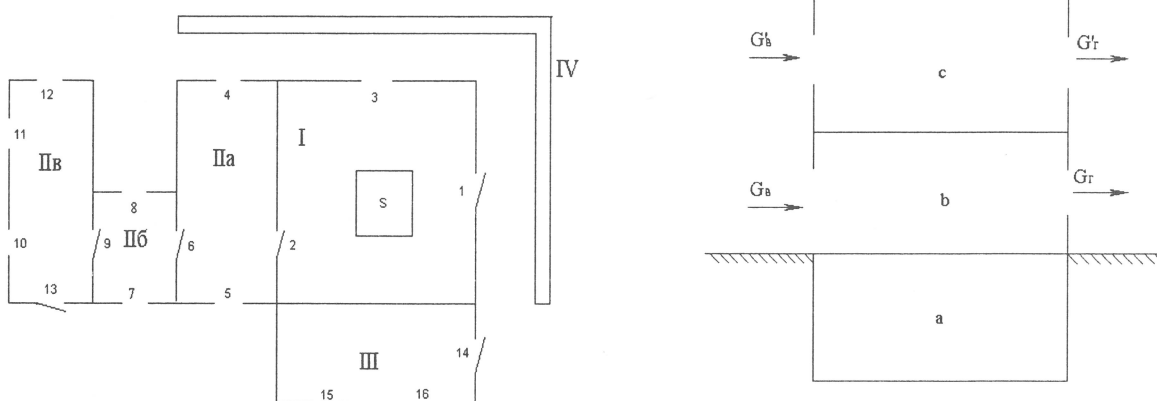


Схема объекта, используемая для изучения динамики процессов горения и тепло- и массопереноса при пожаре.

При проведении занятия, в зависимости от цели и задач, преподавателем могут быть выбраны геометрические размеры здания и различных проемов, характер пожарной нагрузки, параметры газообмена, место предполагаемого возгорания, температурный режим, тип строительных материалов и т.д. В ходе занятий схема может рассматриваться целиком или в виде отдельных ее частей.

Предложенная схема рассматривается в качестве базовой при проведении занятий по технической термодинамике при изучении разделов: «Термодинамический анализ внутреннего пожара», «Стационарная теплопроводность», «Нестационарная теплопроводность», «Конвективный теплообмен», «Теплообмен излучением», «Сложный теплообмен» и «Теплообмен при пожаре».

При изучении темы «Термодинамический анализ внутреннего пожара» на практических занятиях при описании состояния газовой среды на примере помещения I производится расчет среднеобъемных параметров: температуры, давления, плотности и концентрации отдельных компонентов.

В разделе «Стационарная теплопроводность» проводится расчет требуемой толщины противопожарных перегородок с учетом температуры и свойств строительных материалов. При определении параметров нестационарной теплопроводности конструкционных материалов рассчитывается время, за которое температура достигает критических значений, соответствующих либо температуре воспламенения, либо температуре разрушения конструкционных деталей.

Тема «Конвективный теплообмен» включает в себя расчет коэффициента теплоотдачи поверхностей строительных конструкций в процессе теплообмена с газовой средой. Предложенная схема позволяет рассматривать случаи с различным расположением греющих и обогреваемых поверхностей, например, при пожаре на различных уровнях здания.

При решении задач по теме «Сложный теплообмен» определяется возможность распространения пожара в смежные помещения, лежащие на одном уровне (I, II, III) или на различных уровнях (a, b, c) с учетом параметров строительных конструкций и температуры газовой среды помещений.

Расчет параметров теплообмена излучением позволяет количественно оценить интенсивность теплообмена с участием элементов конструкции и газовой среды с учетом ее степеней прозрачности и значений температуры. Здесь также решаются задачи определения безопасных расстояний с учетом излучения от вскрывшихся проемов здания, коэффициента облученности и степени черноты поверхности конструкций IV.

Использование многоуровневой модели позволяет рассматривать закономерности тепло- и массопереноса при осуществлении газообмена через отличающиеся по геометрическим размерам проемы, расположенные на разной высоте (двери и окна помещений, находящихся на уровне b), с решением уравнения материального баланса вида

$$\frac{dm_c}{d\tau} = \frac{d}{d\tau} [G_B - G_T + \eta v'_m f_n (L_2 - L_1)], \quad (1)$$

где m_c - масса газовой среды помещения; G_B - расход воздуха (массовый); G_T - расход дымовых газов; η - коэффициент полноты сгорания; v'_m - приведенная массовая скорость выгорания; f_n - площадь поверхности горения; L_1 - количество кислорода, необходимое для сгорания единицы массы топлива; L_2 - количество продуктов горения, образующихся при сгорании единицы массы топлива.

Для уровня c при определении величины изменения массы газовой среды в помещении в выражение (1) включаются значения расходов воз-

духа $G'_в$ и дымовых газов $G'_г$ с соответствующими значениями площади поверхности горения, коэффициента полноты сгорания и др.

При составлении материального баланса подвального помещения, ввиду отсутствия газообмена с окружающей средой уравнение (1) упрощается и принимает вид

$$\frac{dm_c}{d\tau} = \frac{d}{d\tau} \eta \sigma'_m f_n (L_2 - L_1). \quad (2)$$

Для определения температуры газовой среды наряду с выражением, применяемым для помещений, участвующих в газообмене с окружающей средой (уровни **б** и **с**),

$$\frac{dT_m}{d\tau} = \frac{Q_s + Q_p - Q_l - Q_w - Q_c - Q_z}{c_{pг} m_c}, \quad (3)$$

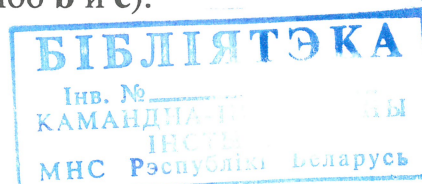
для помещений подвального типа используется выражение

$$\frac{dT_m}{d\tau} = \frac{Q_p - Q_w - Q_c}{c_{pг} m_c}, \quad (4)$$

где $Q_в$ – количество теплоты, вносимой в помещение с воздухом; Q_p – количество теплоты, выделяющейся в ходе реакции горения топлива; Q_l – количество теплоты, удаляющейся в виде излучения через открытые проемы; Q_w – количество теплоты, пошедшей на нагрев строительных конструкций; Q_c – теплота, пошедшая на нагрев газовой среды; $Q_г$ – теплота, уносимая с дымовыми газами; $c_{pг}$ – изобарная теплоемкость дымовых газов.

С учетом построения учебного процесса по принципу «от простого – к сложному» при описании внутреннего пожара вначале в качестве объекта исследования используется помещение уровня **а**, на втором этапе рассматриваются помещения уровня **с**, в дальнейшем – первого этажа (уровень **б**).

Это хорошо видно на примере изучения темы «Сложный теплообмен», где закономерности теплопередачи сначала рассматриваются для случаев прогрева перегородок между помещениями I и III, затем, с учетом 30 %-го изменения коэффициента теплоотдачи, между помещениями, находящимися на разных уровнях (**а** и **б**, либо **б** и **с**).



Использование методической модели для изучения закономерностей тепло- и массопереноса при пожаре направлено на формирование научно обоснованных, целостных представлений о причинах его возникновения, закономерностях развития и распространения. Составление учебных программ дисциплин, включающих в свою структуру исследование процессов горения, с учетом особенностей этой модели облегчает установление межпредметных связей, играя обобщающую роль, упрощая планирование учебного процесса и делая его более системным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов Г.В., Бутылина И.Б., Гороховик М.В. Методическая модель преподавания дисциплин «Физико-химические основы теории горения и взрыва» и «Общая и специальная химия». // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация, № 2 (12). Мн.: НИИ ПБ и ЧС, 2002. С. 4-9.
2. Бариев Э. Р. О концепции системы подготовки специалистов Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. // Научное обеспечение пожарной безопасности. Мн.: НИИ ПБ, 1999. С. 16-17.
3. Котов Г.В. Изучение закономерностей развития пожара в помещениях в курсе прикладной термодинамики. // Стратегия высшего технического образования в Республике Беларусь. Материалы докл. междунар. научно-практ. конф. – Минск, 2003. С. 77-79.